

**С.И. БУХКАЛО**, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»

## **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ УТИЛИЗАЦИИ СПИРТОВОЙ БАРДЫ**

Рассматриваются основные требования к процессам производства этилового спирта, отмечено, что обеспечить их для процессов утилизации барды возможно. Определены перспективы утилизации спиртовой барды в схемах энергосберегающих решений

Розгляються основні вимоги до процесів виробництва етилового спирту, відмічено, що забезпечити їх для процесів утилізації барди можливо. Визначені перспективи утилізації спиртової барди у схемах з енергозберігаючими рішеннями

The main demands to ethyl alcohol production looked through, it is considered. The possibility of using the advantages of modern plate units for their energy saving process integration was pointed out

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими заданиями.** Утилизация спиртовой барды, помимо важного экономического эффекта, имеет также большое экологическое значение. Практически все спиртовые заводы за рубежом имеют отделение по утилизации барды, продуктом производства которого, в основном, является сухой кормовой продукт. Зерновая, картофельная или мелассная барда отличаются по своему составу и по концентрации, а также по номенклатуре сухих веществ, и, следовательно, по кормовой ценности. В среднем на 1 дал спирта из зерна или картофеля обычно получают 0,14 м<sup>3</sup> барды. В 1 т такой барды содержится 18,6 кг сырого протеина, который при обработке превращается в протеин дрожжей, и с учетом азота, вводимого в корма, содержание перевариваемого животными протеина увеличивается в два раза.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В настоящее время на большинстве спиртовых заводов мира барду тем или иным образом перерабатывают, в основном на корма. Перевозить непереработанную барду невыгодно: большой объем жидкости и довольно низкое содержание ценных веществ делает транспортировку этих отходов

нерентабельной. Предлагаемые технологии переработки барды можно условно разделить на четыре основные технологические схемы с: выпарными станциями; аэробной микробиологической переработкой жидкой фазы с получением кормовых дрожжей; метантенками с получением биогаза и комбинированные схемы. В основу комбинированных технологических схем положены известные и уже успешно зарекомендовавшие себя технологические приемы – разделение жидкой и твердой фазы на центрифугах, выращивание кормовых дрожжей на субстрате, сушка продукции [1 – 3]. Технологические схемы с выпарными станциями связаны с упариванием фугата в выпарных станциях являются самыми распространенными в мире. Привлекательная простота технического оформления не снимает, однако, проблем: стоимость выпарных станций и вспомогательного оборудования достаточно высока, процесс выпарки требует значительных энергетических затрат, а утилизация получаемого конденсата становится отдельной задачей, решение которой внутри технологии не заложено. Схемы с получением кормовых дрожжей связаны с тем, что уже со второй половины XX века в качестве кормовой добавки в животноводстве стали широко применяться кормовые дрожжи. Они существенно повышают биологическую ценность кормов, прежде всего за счет содержащихся в них незаменимых аминокислот и витаминов. В настоящее время получение кормовых дрожжей ограничено мелкими местными производствами в различных хозяйствах. Технология переработки барды на биогаз основана на анаэробном брожении: барда подается в специальные емкости, в которые вводятся анаэробные бактерии. Однако, в данном способе переработки барды необходимы огромные метантенки, т.к. процесс переработки барды анаэробными бактериями крайне медленный. Другим недостатком метода является весьма длительный период выхода на режим – до 6 месяцев. Комбинированная технологическая схема переработки барды разработана сравнительно недавно, она предусматривает переработку послеспиртовой барды в сухой дрожжевой кормовой концентрат – смесь твердой фазы барды, с выращенными на основе фугата кормовыми дрожжами. Предложенная схема позволяет в значительной степени экономить энергоресурсы в процессе переработки барды.

**Формулировка целей статьи.** Основная цель проведенных исследований – анализ возможностей ресурсо- и энергосбережения производства этилового спирта и, в частности, максимального использования сухих веществ спиртовой барды, а также выделение жидкой ее части для возвращения на производство в технологический цикл, снижение стоимости утилизации спиртовой барды, а также повышение экологической безопасности производства и окружающей среды в целом.

**Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается данная статья.** Следует подчеркнуть, что с одной стороны, барда, благодаря содержанию клетчатки, углеводов, белка и микроэлементов, является вторичным сырьевым ресурсом производства кормов для животных и других полезных продуктов, а с другой стороны, барда – это отходы, вызывающие загрязнение окружающей среды, которые запрещается сбрасывать в водоёмы или в канализацию без предварительной переработки. В настоящее время на большинстве спиртовых заводов мира барду тем или иным образом перерабатывают, в основном на корма [1 – 5].

Необходима разработка новых технологических решений основным достоинством которых будут следующие показатели: экономное потребление энергии; улучшение качества продукта; простота в обслуживании и надежность в эксплуатации; максимальная качественная переработка сухих веществ послеспиртовой барды т.д.

**Изложение основного материала исследований.** Технология спирта согласно современной номенклатуре относится к биотехнологии и ее можно рассматривать как методы и процессы переработки различных видов сырья в конечный продукт заданного качества [4, 5]. К сырью спиртового производства относят крупнотоннажные растительные материалы, содержащие в достаточном количестве один из указанных компонентов сырья: 1) крахмал – клубни картофеля и зерна злаков; 2) сахар – корни сахарной свеклы, плоды фруктовых растений и винограда; 3) отходы производства сахара – меласса и отходы виноделия, а также другие виды отходов. Барда – основной отход производства этилового спирта, во много раз превосходящий выход продукта, утилизация которой, особенно в летнее время, является серьезной экологической и

экономической проблемой. В процессе получения спирта в барде остаются почти все, за исключением крахмала и сахаров, питательные вещества, присутствующие в исходном сырье, поступающем в спиртовое производство, вследствие чего барда представляет собой весьма ценный продукт независимо от вида используемого сырья (табл. 1).

Таблица 1

Расход сырья для выработки спирта и его кормовая ценность

Вид сырья	Выход спир-та из единицы сырья, дал/т	Кормовая ценность сырья, 1 кг кормовых единиц	Выход барды, дал/дал спирта	Кормовая ценность барды, 1 кг кормовых единиц
Картофель	9,8	0,30	12,0	0,04
Свекла	9,0	0,26	12,0	0,04
Пшеница	36,0	1,20	12,0	0,09
Кукуруза	37,5	1,34	12,0	0,12
Меласса	31,0	0,77	11,0	–

Для утилизации барды спиртового производства в настоящее время используют два основных способа: 1) выпаривание (сгущение) с целью получения кормовых концентратов; 2) в качестве сырья для производства кормовых дрожжей. Эти способы дают отходы с содержанием сухих веществ до 8 %, которые также необходимо утилизировать. Следует помнить, что белки это высокомолекулярные вещества природного происхождения, состоящие из соединенных амидной связью остатков аминокислот. Исходная (нативная) зерновая барда имеет кислую реакцию, высокую температуру, а около 1% от общей массы барды взвешенные вещества в виде дробины – остатками частичек зерна и солода, представляют собой коррозионно-абразивную среду, которая при движении интенсивно разрушает трубопроводы и технологические аппараты. В отстоявшейся жидкой фазе барды находятся взвешенные вещества в виде мелкодисперсных и коллоидных взвесей, с размером до  $1\div 2$  мкн, а также растворенные продукты кислого брожения, аминокислоты, растительный жир и безазотистые экстрактивные вещества в количестве до 50% от общей массы всех органических веществ, содержащихся в барде. Значения pH, при котором молекула аминокислоты находится в растворе в виде биполярного иона (коллоидной частицы с минимумом растворимости), называется

изополярной точкой. Для перевода истинно растворенных аминокислот во взвешенное коллоидное состояние возможно предварительное подщелачивание исходной барды до  $\text{pH} = 6$  – изопотенциальной точки  $\approx 50\%$  всех растворенных аминокислот. После предварительного кислого брожения, извлечения дробины и последующей нейтрализации до  $\text{pH}=6,0$  жидкая фаза барды охлаждается до температуры, регламентированной процессами. Кек, влажностью  $40\div 50\%$ , далее направляется на сушку, при этом необходимо учитывать, что белки разрушают при температуре более  $82\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Способ концентрирования спиртовой барды может быть использован при утилизации стоков спиртового производства. Известны способы утилизации барды в кормовые дрожжи, бетаин, глютаминовую кислоту, бардяной уголь [6], а также способ обработки аммиаком сточных вод мясной барды к  $\text{pH}$  8–10 и получением осадка фильтрованием [7] и прочие. Наиболее близким аналогом к способу (рис. 5), который предлагается нами, по технической сути и результатам, которых достигают есть способ концентрирования мясной последрожжевой барды перед упариванием при обработке раствором каустической соды [8]. Способ концентрирования спиртовой барды, который предлагается нами, проводят таким образом. Спиртовую барду с количеством сухих веществ  $4,5\text{ }\%$  по массе, при  $\text{pH}$  4,0 обрабатывают химическим реагентом – оксидом кальция, который используют для осаждения сухих веществ барды, предварительно его измельчают и просеивают для удаления нерастворимых веществ, а дальше вводят в спиртовую барду в количестве  $1,0\text{ }\%$  от ее массы до достижения показателя  $\text{pH}$  среды 7,0 при температуре  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Проведение процесса концентрирования при таких условиях приводит к коагуляции белковых соединений, которые образуют с гидроксидом большие конгломераты и осаждают полезные вещества спиртовой барды. Использование для химической обработки нелетучих химических реагентов не создает вредных условий на производстве и повышает экологическую безопасность способа. Обработка спиртовой барды химическим реагентом при  $\text{pH}$  среды ниже 6,5 не обеспечивает коагуляции белковых соединений и образование осадка гидроксида кальция; уровень  $\text{pH}$  среды выше 7,0 приводит к дополнительным затратам химического реагента и отрицательно влияет на оборудование,

а также с точки зрения экономических показателей является нерентабельным. Способ концентрирования сухих веществ спиртовой барды позволяет максимально осадить вещества разного происхождения ее среды (табл. 2) и привести уровень pH среды к показателю 6,0 – 8,0.

Таблица 2

Показатели спиртовой барды после стадии преддефекации

Количество добавки	Показатель спиртовой барды после химической обработки	
	Сухие вещества, % от массы	Водородный показатель, pH
0,5	до 3,0	6,0
1,0	до 2,0	7,0
1,5	до 2,0	8,0

В результате сравнительных испытаний способа, который предлагается, по вышеуказанным показателям, было выбрано для стадии преддефекации количество химической добавки 1 % от массы барды, которая позволяет получить высокие результаты на спиртовом производстве (таблица 3).

Таблица 3

Сравнительные показатели спиртовой барды

Показатель барды	Спиртовая барда		
	Исходная	Фугат без химической обработки	Фугат после химической обработки
Сухие вещества, % от массы	4,5 – 8,0	до 4,0	до 2,0
Водородный показатель (pH)	4,0 – 4,5	4,0 – 4,5	7,0

Как видно из результатов лабораторных и промышленных испытаний, количество сухих веществ в спиртовой барде после химической обработки уже на стадии преддефекации уменьшается от 4,5 до 2,0 % по массе. Одновременно такая химическая обработка позволяет избежать больших энергетических затрат на проведение сложной стадии выпарки в технологическом регламенте за счет исключения ее из технологической схемы производства. При сравнении значений показателя сухого остатка способа концентрирования спиртовой барды с известными, видно, что эти значения значительно лучше и не нуждаются во введении дополнительных технологических операций в процесс, а наоборот упрощают его аппаратное оснащение и уменьшают

количество стадий на производстве. Полученные показатели по сухому остатку барды показывают, что возможно использовать жидкость-фильтрат – воду, например, после мембранной очистки в качестве воды для технологического цикла.

**Выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления.** Таким образом, определены перспективы энергосберегающих решений с учетом предлагаемого способа усовершенствования концентрирования сухих веществ спиртовой барды. Этот способ позволяет максимально осадить вещества разного происхождения среды барды, ее разделением после обработки, на осадок и жидкость, т.е., возможно получить кормовую добавку и воду для технологического цикла. При сравнении значений показателя сухого остатка способа концентрирования спиртовой барды с известными, видно, что эти значения значительно лучше и не нуждаются во введении дополнительных технологических операций в процесс, а наоборот упрощают его аппаратное оснащение и уменьшают количество стадий на производстве. Выбор технологии и оборудования позволяет рекомендовать этот способ как дешевую и эффективную возможность концентрирования спиртовой барды, создает предпосылки для дальнейшей апробации и внедрения на спиртовых заводах.

**Список литературы:** 1. Кухаренко, А.А. Безотходная биотехнология этилового спирта / А.А. Кухаренко, А.Ю. Винаров. М.: Энергоатомиздат, – 2001. – 272 с. 2. Рябов, Г.К. Система безотходной переработки послеспиртовой барды / Г.К. Рябов // Инновации: Исследования и разработки. – 2003. – №6. 3. Галкина, Г.В. Новая технология переработки послеспиртовой барды / Г.В. Галкина, В.И. Илларионова, Г.С. Волкова, Е.В. Горбатова, Е.В. Куксова // Ликероводочное производство и виноделие. 2004. – №6. – С. 14–16. 4. Яровенко В.Л. Технология спирта / В.Л. Яровенко и др. М.: Колос, «Колос-Пресс», – 2002. – 464 с. 5. Лозанская Т.И. Производство кормовых дрожжей из послеспиртовой зерновой барды по безотходной технологии / Т.И. Лозанская, Н.М. Худякова, Л.А. Лихтерберг // Ликероводочное производство и виноделие. – 2002. – №7. – С. 1–3. 6. Климовский Д.Н., Смирнов В.А., Стабников В.Н. Технология спирта. М., – 1967, с. 406–410. 7. Авторское свидетельство СССР № 959747, кл. А 23 L 3/18. Способ концентрирования мясной барды, – 1982. 8. Авторское свидетельство СССР № 1684328, кл. С 12 F 3/00. Способ концентрирования мясной последрожжевой барды. – 1989.

*Поступила в редколлегию 21.06.12*